

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**ADRIANE ROGLIN**

**ESTUDO DO RENDIMENTO SECO/VERDE DE UMA SERRARIA DE GRANDE  
PORTE NA REGIÃO SUL DO BRASIL**

**CURITIBA  
2013**

**ADRIANE ROGLIN**

**ESTUDO DO RENDIMENTO SECO/VERDE DE UMA SERRARIA DE GRANDE  
PORTE NA REGIÃO SUL DO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Curso de Especialização em Negócios e  
Sustentabilidade da Produção Madeireira da  
Universidade Federal do Paraná, como parte  
dos requisitos para obtenção do título de  
Especialista em Gestão Madeireira.

Orientador: Prof. Dr. Marcio Pereira da Rocha

**CURITIBA  
2013**

## **RESUMO**

Foi realizado um estudo de caso sobre o rendimento seco/verde de uma serraria de grande porte, localizada no Sul do Brasil. O objetivo foi identificar o rendimento do processo industrial do setor de serraria da empresa, desde a recepção das toras no pátio da indústria até a finalização do processamento primário. Verificou-se que os rendimentos estão de acordo e acima dos encontrados em literaturas. Serão necessários alguns ajustes no processamento primário, principalmente na velocidade de avanço da Serra 02, que pode ser considerado como um dos principais gargalos de produção. Alinhado a essa mudança, outras propostas de melhorias no processo foram sugeridas como complemento ao aumento de produção. Para cada classe de diâmetro, existe um tipo de produto que proporciona o maior rendimento.

Palavras-chave: Toras, Madeira Serrada, Rendimento

## **ABSTRACT**

It was carried out a case study on the raw material (dried sawn wood/ wet sawn wood) performance of a large sawmill factoring, located in southern Brazil. The objective was to identify the yield of the manufacturing process of the company's sawmill industry, from receiving the logs in the yard of the industry to the end of the primary processing. It was found that yields are satisfactory and above data found in literature. It will be required some adjustments in the primary processing, mainly on the saw feed speed 02, which can be regarded as one of the main bottlenecks of production. Aligned to this change, other improvement proposals in the process were suggested as a complement to increased production. For each diameter class, there is a type of product that provides the greatest yield.

Keywords: Logs, Sawn Wood, Yield

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2. OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>6</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>7</b>
3.1. CENÁRIO ATUAL DO SETOR MADEIREIRO .....	7
3.2. COMPETITIVIDADE E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA .....	7
3.3. MERCADO DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE .....	8
3.4. RENDIMENTO E EFICIÊNCIA EM SERRARIAS .....	9
3.5. SUBPRODUTOS DE MADEIRA .....	10
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>11</b>
4.1. LOCALIZAÇÃO E PORTE .....	11
4.2. PROCESSAMENTO PRIMÁRIO DA MADEIRA .....	12
4.3. TESTE DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO PROCESSAMENTO PRIMÁRIO .....	21
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>23</b>
5.1. ANÁLISE DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO ATUAL DA SERRARIA .....	23
5.1.1. <i>Processo de Corte e beneficiamento</i> .....	23
5.1.2. <i>Sistema de Coleta e Tratamento de Resíduos</i> .....	27
5.2. ANÁLISE DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO PROCESSAMENTO PRIMÁRIO – RENDIMENTO SECO/VERDE .....	30
5.3. ANÁLISE DE MELHORIAS NO PROCESSAMENTO PRIMÁRIO .....	33
5.3.1. <i>Qualidade das Toras</i> .....	33
5.3.2. <i>Falta de Ritmo</i> .....	33
5.3.3. <i>Baixa velocidade de Avanço da Serra 02</i> .....	34
5.3.4. <i>Serra Circular Refiladeira (Serra 07)</i> .....	34
5.3.4. <i>Transportador Transversal de Pranchas de Saída</i> .....	35
5.3.5. <i>Unitizador de Pranchas da Linha de Medição e destopo</i> .....	36
5.3.6. <i>Sobre Dimensionamento das Pranchas</i> .....	37
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>39</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01. Pátio de toras de processo – descascadas e com casca .....	11
Figura 02. Fluxograma de produção da serraria .....	14
Figura 03. Exemplo do sistema de coleta de subprodutos no processo de beneficiamento das toras, com o acúmulo do pó de serra e canaleta onde passam os subprodutos maiores. ....	27
Figura 04. Corte do sistema de saída das refiladeiras (Serra 06, 07 e 08) .....	36
Figura 05. Unitizador com ângulo fechado e afogamento, respectivamente. ....	36
Figura 06. Sobre dimensionamento de pranchas. ....	37

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Informações relacionadas a Serra 01 .....	15
Tabela 02. Informações relacionadas a Serra 02 .....	15
Tabela 03. Informações relacionadas a Serra 03 .....	16
Tabela 04. Informações relacionadas a Serra 04 .....	17
Tabela 05. Informações relacionadas a Serra 05 .....	17
Tabela 06. Informações relacionadas a Serra 06 .....	18
Tabela 07. Informações relacionadas a Serra 07 .....	19
Tabela 08. Informações relacionadas a Serra 08 .....	20
Tabela 09. Classes de diâmetro das toras sem casca (mm).....	21
Tabela 10. Velocidade de avanço da Serra 01 para as diferentes classes de diâmetro.....	24
Tabela 11. Rendimento seco/verde da serraria em geral .....	30
Tabela 12. Testes de capacidade de produção da serraria utilizando mix de toras de 3,60 m .....	31
Tabela 13. Testes de capacidade de produção da serraria utilizando mix de toras de 2,70 m .....	32

# 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, para manterem-se competitivas, as organizações investem na melhoria contínua do rendimento e eficiência dos processos produtivos, bem como na busca pelo aproveitamento máximo da matéria prima. Embora a geração de subprodutos seja indesejada, ainda constitui fator inevitável que, muitas vezes, gera custos significativos.

No caso dos empreendimentos industriais madeireiros, especialmente as serrarias, é muito relevante minimizar os resíduos para aumentar o rendimento do processo produtivo. Os resíduos devem ser tratados como “subprodutos”, isto é, elementos os quais ainda podem ser utilizados sob outras formas como fontes geradoras de ganhos adicionais para as empresas.

A indústria de base florestal vem inovando no processo produtivo a fim de otimizar o rendimento operacional, reduzindo as perdas da área produtiva. A indústria de serrados é o principal exemplo de processo de baixo rendimento, principalmente pela defasagem e falta de manutenção dos equipamentos de corte. A regulação dos equipamentos do processo de corte pode ser considerada como uma das fontes primordiais do baixo rendimento.

O baixo rendimento operacional dos equipamentos de serraria gera um grande volume de subprodutos, que podem ser classificados como sujos e limpos. Os subprodutos (cavacos sujos) gerados nas serrarias geralmente são utilizados na caldeira para geração de energia e os cavacos limpos são destinados à venda para produção de painéis e aglomerados.

A base florestal formada por *Pinus* sp vem reduzindo no Sul do Brasil, atualmente representada por aproximadamente 84%, contudo, vem sendo substituído em sua maioria por *Eucalyptus* sp, resultando na diminuição da oferta, principalmente de madeira grossa para processamento em serrarias. Pela redução da oferta desse produto em algumas regiões, as empresas vêm buscando essa madeira mais grossa em outros polos produtivos, resultando no aumento considerável do preço dessa madeira, nem sempre sendo repassado ao preço final do produto produzido. Quando essa madeira chega às serrarias, o percentual de aproveitamento deve ser o máximo possível para obtenção de uma boa relação Custo/Benefício.

## 2. OBJETIVO GERAL

Este estudo de caso tem por finalidade identificar o rendimento seco/verde szxcd processo industrial do setor de serraria da empresa, desde a recepção das toras no pátio da indústria até a finalização do processamento primário. Os objetivos específicos do trabalho foram:

- Determinar as capacidades de produção de cada máquina individualmente;
- Identificar o aproveitamento tora/produto por classe de diâmetro;
- Analisar as operações atuais e identificar melhorias no processo produtivo.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Cenário Atual do setor madeireiro

Segundo o anuário estatístico da ABRAF (2013), o valor bruto da produção obtido pelo setor florestal totalizou R\$ 56,3 bilhões em 2012. O saldo da balança comercial da indústria nacional de base florestal (USD 5,5 bilhões), embora 3,8% inferior ao alcançado em 2011 vêm ampliando a sua participação no superávit da balança comercial nacional de 19,1% para 28,1% (ABRAF, 2013).

Em 2012, a área brasileira de plantios de *Eucalyptus* e *Pinus* atingiu 6,66 milhões de hectares. Os plantios de *Eucalyptus* representaram 76,6% da área total e os plantios de *Pinus*, 23,4%. A área plantada com *Pinus* no Brasil (1.562.782 ha) está concentrada principalmente na Região Sul do país (84,7%), devido às condições edafoclimáticas e à localização dos principais centros processadores desse tipo de madeira. O Estado do Paraná lidera o ranking de área plantada de *Pinus* com 39,7% da área total (ABRAF, 2013).

A cadeia produtiva do setor brasileiro de base florestal associado às florestas plantadas caracteriza-se pela grande diversidade de produtos, compreendendo a produção, a colheita e o transporte de madeira, além da obtenção dos produtos finais nos segmentos industriais de Papel e Celulose, Painéis de Madeira Industrializada, Madeira Processada Mecanicamente, Siderurgia a Carvão Vegetal e Biomassa, entre outros (ABRAF, 2013).

Os segmentos de compensados e painéis industrializados tiveram altas expressivas em 2012 comparativamente a 2011, sendo 12,8% e 13,5%, respectivamente, enquanto os setores como papel, serrados e carvão vegetal tiveram altas bastante modestas, da ordem de 0,5%, 0,8% e 1,4%, respectivamente; o setor de celulose teve queda de 0,7% em 2012 em relação a 2011. Portanto, setor de painéis e compensados encontra-se em um ótimo momento em que seu consumo está em alta (ABRAF, 2013).

#### 3.2. Competitividade e Inovação Tecnológica

Segundo NÉRI *et al.* (2005), o desequilíbrio entre oferta e demanda, dado pela escassez da matéria prima e pelo crescimento do emprego e da industrialização da madeira, principalmente das espécies de reflorestamento, vem gerando a necessidade de inovações tecnológicas para a utilização racional da madeira, tanto em aspectos de qualidade quanto econômicos.

Infelizmente, grande parte das serrarias do país, quando utilizam seus subprodutos do processo de desdobro o fazem de forma incipiente, não os aproveitando de maneira múltipla e mais rentável. Desse modo, o uso praticamente integral dos subprodutos de madeira, sob outras formas, pode constituir fator de sucesso para as serrarias (NÉRI *et al.*, 2005).

Dessa forma, a otimização ou melhoria contínua nos processos de transformação mecânica da madeira é uma necessidade nas indústrias e deve começar pelo setor de desdobro primário e secundário (NÉRI *et al.*, 2005).

BIASI (2005) cita que falta ao Brasil apoio tecnológico para que a atividade madeireira obtenha melhor aproveitamento da matéria prima, especialmente no sistema avançado de utilização da madeira. Assim, a eficiência técnica e econômica dos processos de transformação do recurso florestal em produtos pela indústria madeireira é fator básico para a sua sobrevivência. A indústria de transformação da madeira que não estiver preocupada em melhorar seus rendimentos e conseqüentemente, reduzir seus custos de produção dando uma utilização total aos subprodutos gerados no processo, assume um sério risco de perder em competitividade e paralisar suas atividades.

Nesse contexto, como afirma BIASI (2005), a melhoria do nível tecnológico industrial é condição essencial para o aproveitamento máximo da matéria prima e está diretamente relacionada com a conservação dos recursos florestais, além de contemplar os aspectos produtivos e econômicos.

### 3.3. Mercado de Madeira Processada Mecanicamente

O setor de madeira mecanicamente processada é composto pelas indústrias de madeira sólida produtoras de madeira serrada, laminados e compensados, e demais produtos de maior valor agregado (PMVA), tais como portas, janelas, molduras, partes para móveis, entre outros produtos beneficiados (ABRAF, 2013).

A estrutura produtiva do setor está bastante pulverizada, uma vez que é constituído por um grande número de empresas de pequeno porte com estrutura de produção tipicamente familiar. Os principais segmentos consumidores do mercado brasileiro são as indústrias de móveis e da construção civil (ABRAF, 2013).

Nos últimos 10 anos (2002-2012), a produção de compensado evoluiu de 1,6 milhão de m<sup>3</sup> anuais, em 2002, para 2,1 milhões de m<sup>3</sup> anuais, em 2012, um crescimento médio de 2,8% a.a. No mesmo período, o consumo evoluiu de 0,5 para 1,1 milhão de m<sup>3</sup> anuais, resultando em um incremento de 9,0% a.a. Em 2012, a produção de compensado totalizou um volume 16,7% superior ao volume produzido em 2011 e o consumo, um valor 10,0% superior (ABRAF, 2013).

No mesmo período (2002-2012), a produção de serrados<sup>1</sup> evoluiu de 8,3 milhões de m<sup>3</sup> anuais para 9,2 milhões de m<sup>3</sup>, um crescimento médio de 1,0% a.a. e o consumo, de 6,4 milhões de m<sup>3</sup> anuais, para 8,3 milhões de m<sup>3</sup> anuais, ou seja, um incremento de 2,7% a.a. Em 2012, a produção de serrados totalizou um volume 1,1% superior ao volume produzido em 2011 e o consumo, um valor 2,5% superior (ABRAF, 2013).

A produção de serrados e compensados é impulsionada pelo consumo interno e externo, em distintas proporções. Os principais fatores que influenciam seu desempenho são a política cambial, o ritmo de crescimento das economias nacional e internacional e a crescente concorrência internacional, principalmente a chinesa.

Nos últimos anos, o crescimento do consumo de madeira serrada foi influenciado principalmente pelo desenvolvimento do mercado interno, estimulado pelo crescimento da

---

<sup>1</sup> Inclui madeira serrada e produtos de maior valor agregado (PMVA), tais como pisos, portas, janelas, molduras, esquadrias, revestimentos, partes e peças de móveis, clear blocks, blanks, edge glued panels, fence boards, entre outros.



indústria da construção civil e do mercado de embalagens, os quais são fortemente impactados pela política governamental expansionista orientada ao crescimento da economia brasileira. O consumo externo, dependente da desvalorização da taxa cambial e da reação da demanda internacional, em especial a norte-americana, ainda permanece em recuperação.

O crescimento do consumo de laminados e compensados sofre relevante impacto da demanda externa. A recuperação da demanda internacional, principalmente europeia, é fator fundamental para a recuperação do setor. No mercado interno, assim como para os serrados, o segmento também se beneficia das mesmas condições favoráveis encontradas (ABRAF, 2013).

### 3.4. Rendimento e Eficiência em serrarias

As indústrias de processamento primário (serrarias) da madeira são empresas que usam a tora inteira para gerar produtos que são industrializados depois que as toras são desganhadas, destopadas e serradas. Baseado nesta definição, os subprodutos produzidos por estas indústrias são considerados sólidos, não necessitando assim de manuseio especial. Os mesmos são produzidos em grande quantidade durante os processos de manufatura e podem ser classificados em partículas, serragem, casca, refilos e destopos, e uma variação de combinações destes (BRAND *et al.* 2002).

As indústrias de base florestal têm baixo rendimento e geram grande quantidade de subprodutos no processo produtivo, principalmente as indústrias de transformação primária. O aumento progressivo da quantidade de madeira desdobrada tem revelado problemas como o crescimento do consumo da matéria prima madeira, em um momento que o mercado apresenta diminuição de oferta da mesma, além da disponibilização de quantidades ainda maiores de subprodutos, que muitas vezes não tem utilização na indústria, onde os mesmos foram gerados. Aliado a isto, a disponibilização dos subprodutos sem uma destinação adequada gera graves problemas ambientais como o assoreamento e poluição dos rios, poluição do ar devido à queima para a eliminação dos mesmos, utilização de áreas para o armazenamento deste material que poderiam ser destinadas para outros fins, e o desperdício da matéria prima que entra na indústria (BRAND *et al.*, 2002).

Para que se possa ter uma noção do desempenho de uma serraria, ou seja, para que a gerência tenha subsídios para julgar se as operações vêm sendo executadas de forma correta, existem vários parâmetros. Dentre estes, o rendimento e a eficiência revelam com relativa transparência o desempenho de uma serraria (ROCHA, 1999).

O rendimento de uma serraria é a relação entre o volume de toras serradas num período ou turno e o volume de madeira serrada obtido destas toras (ROCHA, 1999).

A eficiência expressa à relação entre o volume de toras serradas por período ou turno e o número de operários envolvidos em todas as operações de desdobro (ROCHA, 1999).

Segundo VALE & SABLÓWSKI (2006), a otimização de uma linha de produção e consequente aumento de sua sustentabilidade ambiental, deve observar primeiro a eficiência e

não a sua capacidade de produção. O aumento da eficiência dá-se pela da redução de quantidade de matéria-prima para geração de uma mesma quantidade de produto.

### 3.5. Subprodutos de madeira

Conforme o trabalho de TUOTO (2009) estima-se que sejam gerados no Brasil aproximadamente 30 milhões de toneladas de subprodutos de madeira anualmente. A principal fonte geradora de subprodutos é a indústria madeireira, a qual contribui com 91% dos subprodutos de madeira gerados. Comparativamente, a participação dos subprodutos de madeira da construção civil (3%) e do meio urbano (6%) são menos expressivos. A destinação dos subprodutos de madeira gerados pela indústria madeireira é bastante diversificada. Em geral, a destinação dada aos subprodutos de madeira industriais esta associada a uma série de fatores, onde se evidencia: i) o tipo de matéria-prima (madeira oriunda de floresta nativa ou floresta plantada); ii) a tecnologia envolvida no processamento da madeira; iii) o porte da indústria madeireira; e iv) a localização do empreendimento industrial em relação aos centros de consumo.

A informação corrobora com a afirmação de MURARA JUNIOR (2005), que cita que a maior quantidade de subprodutos gerada no processo de transformação da madeira se dá por ocasião do desdobro primário e secundário das toras. O autor afirma ainda que se pode considerar que 50 a 70% do volume de madeira em tora que entra em uma serraria para ser convertido em madeira serrada, e os subprodutos gerados são na forma de casca, costaneiras, refilos, aparas e serragem.

Dentre as diversas possibilidades, os subprodutos florestais ou madeiráveis, podem ser utilizados para a geração de energia de diversas formas como queima direta, briquetes de madeira, carvão, briquetes de carvão e *pellets*. Além disso, podem também ser utilizados de várias outras maneiras como na fabricação de pequenos objetos e utensílios tais como brinquedos, artigos de copa/cozinha, cabos de ferramentas, artigos desportivos, decorativos e de recreação; ainda, na produção de chapas de partículas de diferentes composições; camas para aviários, currais e estábulos; compostagem para adubação e complementos orgânicos para o solo (SOUZA, 1997).

MURARA JUNIOR (2005) cita que os volumes de subprodutos gerados são o resultado da diferença entre o volume de toras que entra na serraria e o volume de madeira serrada produzida.

Tendo em vista os subprodutos gerados nas serrarias, é fundamental a realização da análise de cada fase do processo produtivo. Na avaliação do fluxo de massa é possível diagnosticar todas as entradas e saídas do processo tendo como resposta à determinação das quantidades de produtos manufaturados e subprodutos gerados (BRAND *et al.*, 2002).

Essa ferramenta fornece respostas que variam de acordo com o tipo de indústria avaliado e respectiva matéria-prima, sendo importante na definição de algumas melhorias dentro do processo produtivo.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. Localização e Porte

A indústria estudo de caso esta localizada no sul do Brasil, de porte grande, possui uma área em torno de 10 mil m<sup>2</sup>, tendo um pátio de 6 mil m<sup>2</sup> para deposição de toras para uso na indústria. A indústria é responsável pela produção de produtos de maior valor agregado para o mercado interno e externo. Além desses produtos, a empresa coloca no mercado subprodutos gerados no processo e o cavaco produzido exclusivamente para abastecimento de empresas fora do setor florestal.

O levantamento das informações foi realizado no setor de serraria da empresa no terceiro trimestre de 2013, onde foi percorrido o processo produtivo deste setor, a fim de identificar todas as etapas do processamento primário da madeira. Algumas das informações foram verificadas *in loco* e outras cedidas pela empresa.

A empresa conta com uma base florestal com capacidade de disponibilizar cerca de 120 mil m<sup>3</sup>/ano de *Pinus* e 142 mil m<sup>3</sup> de Araucária, totalizando uma média de 262 mil m<sup>3</sup>/ano de toras grossas, ou 21.800 m<sup>3</sup>/mês.

A empresa possui dois pátios, um para toras de processo e o outro para toras finas para picagem e comercialização. O pátio de toras de processo possui aproximadamente 10 mil m<sup>2</sup> de área para estocar um volume de toras para sete dias de operação normal da indústria. O estoque esta dividido em toras descascadas e toras com casca, cerca de 6600 m<sup>3</sup> de toras com casca e 1100 m<sup>3</sup> de toras descascadas (Figura 01).



Figura 01. Pátio de toras de processo – descascadas e com casca  
Fonte: O autor

O pátio de estocagem de toras finas fica próximo ao picador, onde ocorre o descarregamento e estocagem de toras finas, a alimentação do picador e o carregamento dos caminhões de cavacos. A empresa conta com cinco equipamentos para realizar as operações

anteriormente citadas. Ambos os pátios possuem carregadeiras frontais de madeira, que atendem as seguintes operações:

- Descarregamento dos caminhões de toras;
- Alimentação da mesa de entrada do descascador;
- Retirada de toras descascadas do classificador e estocagem;
- Retirada de toras descascadas do classificador e alimentação da mesa de entrada da serraria;
- Recolhimento das toras descascadas estocadas no pátio e alimentação da mesa de entrada da serraria;
- Descarregamento de caminhões de toras finas;
- Estocagem de toras finas do pátio e alimentação do picador.

Para este trabalho em específico será considerado apenas o pátio de toras para processamento, como verificado na Figura 01, com toras descascadas e com casca.

## 4.2. Processamento Primário da Madeira

A madeira em tora que chega ao pátio é descarregada e posteriormente descascada e classificada por sortimento, de acordo como definido pela empresa. O descascador consegue trabalhar com toras variando de 10 a 60 cm de diâmetro e o comprimento das toras pode variar de 1,8 a 4 metros. As cascas saem por gravidade do descascador e são transportadas por esteiras para um picador, sendo na sequência armazenadas em um silo para posterior utilização na caldeira e ou venda.

A serraria conta com um sistema que classifica as toras pelo diâmetro de ponta fina para otimizar o rendimento das mesmas. O sistema esta equipado com um leitor em duas barras verticais que fazem diversas leituras em diferentes pontos ao longo das toras, a fim de identificar em qual classe de diâmetro se enquadra.

O processamento primário consiste na transformação da madeira em tora em pranchas com dimensões determinadas pela empresa de acordo com a finalidade de uso para produção de produtos de maior valor agregado. Essa parte do processo engloba as máquinas situadas entre a mesa de alimentação (transportador transversal de toras) até a mesa de saída (transportador transversal de pranchas). A parte do processo que engloba a mesa de medição e destopo, tecnicamente, faria parte da serraria, contudo, foram consideradas integradas ao sistema de classificação e gradeação, sendo considerada a parte no processo.

A alimentação mecanizada das máquinas de usinagem se faz pela mesa de recepção de toras da serraria, na qual os carregadores que estão posicionados no pátio de toras são responsáveis pelo abastecimento de um transportador transversal, a fim de não deixar que o processo tenha interrupções.

O unitizador de discos é o equipamento localizado ao final do transportador transversal a fim de possibilitar a passagem das toras classificadas e descascadas para o posicionador de toras.

O posicionador de toras é o equipamento composto por dois rolos que podem ser elevados para posicionar as toras que chegam do unitizador da forma mais adequada a fim de obter o melhor arranjo na entrada da Serra 01, local do primeiro processo de corte da tora.

O separador de costaneiras é o conjunto mecânico que separa as costaneiras descarregando-as sobre um transportador transversal e os blocos continuam seguindo na corrente até o transportador longitudinal de rolos.

Os transportadores longitudinais e transversais são os equipamentos responsáveis pelo caminhamento da madeira (toras, blocos, semiblocos, costaneiras e pranchas) dentro do processo de corte.

A mesa de saída da serraria recebe pranchas das 3 refiladeiras (Serra 06, 07 e 08) e da linha da Serra 03. Em seguida, a mesa é composta por três transportadores transversais de corrente de cinco linhas que transportam as pranchas até um unitizador de pranchas que alimenta a mesa de medição/destopo.

O dimensionamento das pranchas é definido no ajuste de corte das serras fitas horizontais. Podem ocorrer variações de acordo com o grau de manutenção das mesmas, contudo, não é algo que ocorre normalmente.

O sistema de coleta e tratamento de subprodutos é constituído por um sistema de coleta e tratamento de subprodutos instalado no subsolo da serraria é composto por funis, rampas, esteiras, peneira de discos e picador. Os subprodutos são gerados nas máquinas de usinagem e são compostos por pó de serra, refilos, descartes e destopos. Além disso, existem as cascas que não foram totalmente removidas no descascador e acabam se soltando ainda nas várias partes que compõem a mesa de recepção de toras da serraria.

O Fluxograma (Figura 02) mostra o processo de corte da madeira, desde a entrada das toras na mesa da serraria até a saída das pranchas da área da serraria. Cada parte integrante do processo foi identificada com uma coloração diferente:

- Cor vermelha: recebimento das toras até o descascamento;
- Cor verde: classificação das toras até estocagem das toras sem casca;
- Cor amarela: reaproveitamento e estocagem dos subprodutos resultantes dos processos de corte e beneficiamento da madeira;
- Cor preta: mesa de entrada de toras sem casca e equipamentos de corte e beneficiamento da madeira até a finalização das pranchas.
- Cor roxa: mesa transportadora das pranchas para processo de classificação e gradeamento.

## FLUXOGRAMA DA SERRARIA

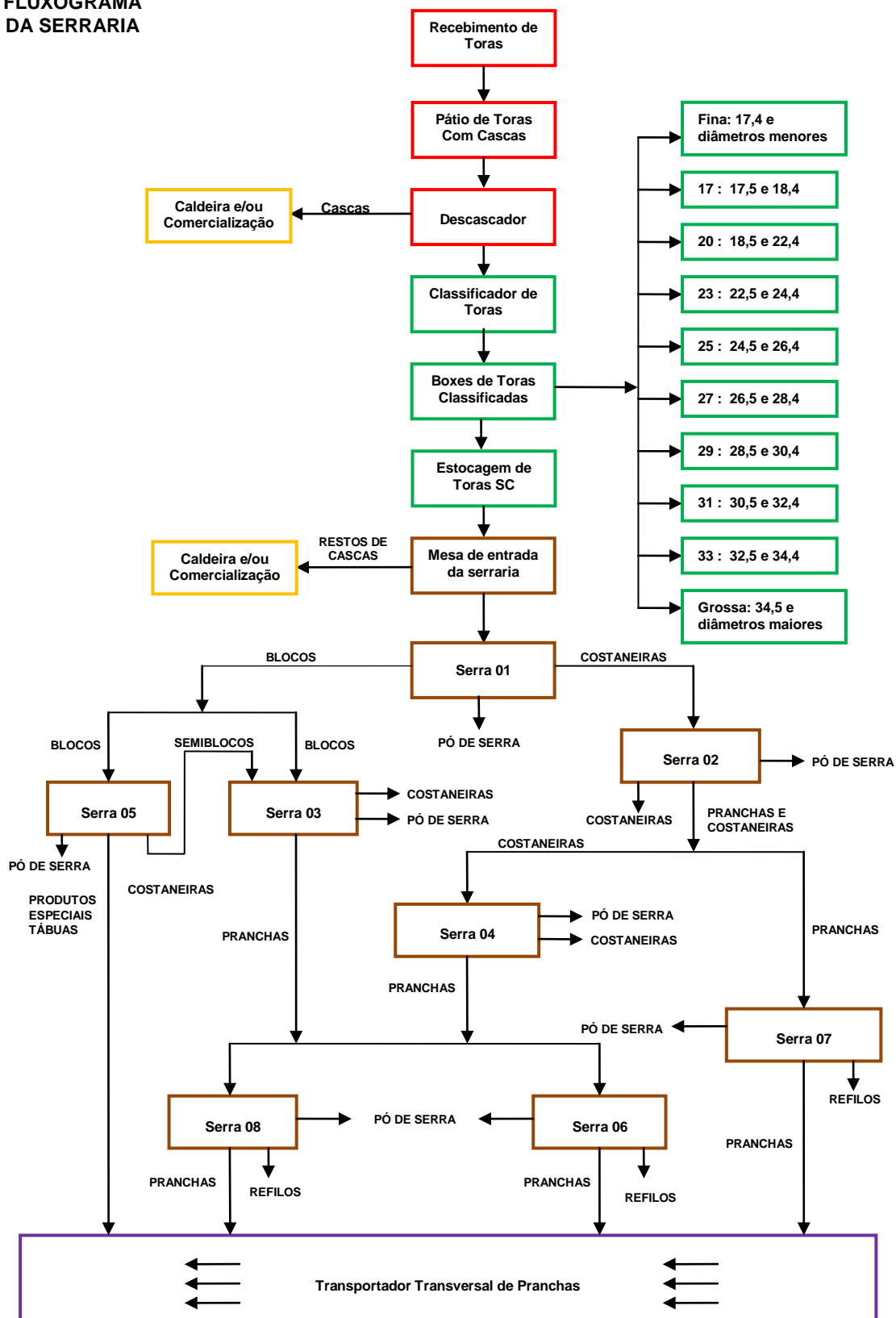


Figura 02. Fluxograma de produção da serraria

Os equipamentos de usinagem utilizados no processamento primário da madeira são constituídos pelos equipamentos de corte, distribuídos ao longo do processo, onde cada um possui características distintas que atendem uma parte da demanda:

- **Serra Fita Dupla Vertical (Serra 01):** responsável pelo primeiro corte na tora que entra na serraria. Deste processo de corte resulta à saída de blocos e costaneiras.

Tabela 01. Informações relacionadas a Serra 01

DIMENSIONAIS DE CORTE	
Passagem máxima – abertura máxima das serras	600 mm – 470 mm
Largura mínima de corte	90 mm
Comprimento mínimo de corte	2.100 mm
VELOCIDADE DE CORTE	
Diâmetro dos volantes	1.500 mm
Largura dos volantes	180 mm
Velocidade de corte (madeira verde de pinus)	2.800 m/min – 46,6 m/seg
Velocidade de avanço (variável)	30 – 60 m/min
POTÊNCIA INSTALADA	
Potência – eixo das serras	2 x 125 CV
Potência – avanço	ND
Potência – alinhamento da serra	ND
Potência – Unidade hidráulica	ND
LÂMINA DE SERRA	
Tipo de dente	recalcado
Comprimento mínimo e máximo	9.100 – 9.300 mm
Espessura e largura	1,47 mm – 203,2 mm (8")
Espessura do corte	4 mm
Passo	50 mm
Altura do dente	13 mm
Ângulo do peito	20°
Ângulo de saída	20°
Ciclo de afiação	4 / 5 horas
Vida útil	Até largura de 6,5"

- **Serra Fita Dupla Horizontal (Serra 02):** responsável pelo recebimento das costaneiras oriundas do primeiro corte e transformação destas em blocos, novas costaneiras e respectivos subprodutos.

Tabela 02. Informações relacionadas a Serra 02

DIMENSIONAIS DE CORTE	1 CABEÇOTE
Altura máxima de passagem / corte	270 mm / 220 mm
Espessura mínima de corte	25 mm
Largura máxima de passagem / corte	500 mm
Largura mínima de passagem / corte	100
Comprimento mínimo de corte	1.200 mm
VELOCIDADE DE CORTE	
Diâmetro dos volantes	1.350 mm

Largura dos volantes	155 mm
Velocidade de corte (madeira verde de pinus)	2.800 m/min
Velocidade de avanço (variável)	40 – 70 m/min
<b>POTENCIA INSTALADA</b>	
Potência – eixo das serras	2 x 100 CV – 1.775 rpm
Potência – avanço	7 CV
Potência – alinhamento da serra	1 x 0,2 CV
Potência – Unidade hidráulica	5 CV
<b>LAMINA DE SERRA</b>	
Comprimento mínimo e máximo	9.270 – 9.450 mm
Espessura e largura	1,25 mm – 177,8 mm (7")
Espessura do corte	3,4 mm
Passo	45 mm
Altura do dente	12 mm
Ângulo do peito	18°
Ângulo de saída	21°
Ciclo de afiação	4 / 5 horas
Vida útil	ND

- **Serra Fita Dupla Horizontal (Serra 03):** responsável pelo recebimento dos semiblocos para transformação em pranchas.

Tabela 03. Informações relacionadas a Serra 03

DIMENSIONAIS DE CORTE		2 cabeçotes
Altura máxima de passagem / corte	270 mm – 220 mm	
Espessura mínima de corte	25 mm	
Largura máxima de passagem / corte	500 mm	
Largura mínima de passagem / corte	100 mm	
Comprimento mínimo de corte	1.200 mm	
VELOCIDADE DE CORTE		
Diâmetro dos volantes	1100 mm	
Largura dos volantes	155 mm	
Velocidade de corte (madeira verde de pinus)	2.800 m/min – 46,6 m/seg	
Velocidade de avanço (variável)	30 / 60 m/min	
POTÊNCIA INSTALADA		
Potência – eixo das serras	2 x 75 CV	
Potência – avanço	1 x 7 CV	
Potência – alinhamento da serra	2 x 0,2 CV	
Potência – Unidade hidráulica	1 x 5 CV	
LÂMINA DE SERRA		
Comprimento mínimo e máximo	8.100 – 8.280 mm	
Espessura e largura	1,25 mm – 177,8 mm (7")	
Espessura do corte	3,4 mm	
Passo	45 mm	
Altura do dente	12 mm	
Ângulo do peito	18°	



Ângulo de saída	21°
Ciclo de afiação	4 / 5 horas
Vida útil	Até largura mínima de 6"

- **Serra Fita Simples Horizontal (Serra 04):** responsável pelo recebimento das costaneiras remanescentes do processo de corte da serra 02 e transformação destas em pranchas.

Tabela 04. Informações relacionadas a Serra 04

DIMENSIONAIS DE CORTE		1 CABEÇOTE
Altura máxima de passagem / corte		270 mm / 220 mm
Espessura mínima de corte		25 mm
Largura máxima de passagem / corte		500 mm
Largura mínima de passagem / corte		100
Comprimento mínimo de corte		1.200 mm
VELOCIDADE DE CORTE		
Diâmetro dos volantes		1.100 mm
Largura dos volantes		155 mm
Velocidade de corte (madeira verde de pinus)		2.800 m/min
Velocidade de avanço (variável)		30 – 60 m/min
POTENCIA INSTALADA		
Potência – eixo das serras		1 x 75 CV -
Potência – avanço		7 CV
Potência – alinhamento da serra		1 x 0,2 CV
Potência – Unidade hidráulica		5 CV
LAMINA DE SERRA		
Comprimento mínimo e máximo		8.100 – 8.280 mm
Espessura e largura		1,25 mm – 177,8 mm (7")
Espessura do corte		3,4 mm
Passo		45 mm
Altura do dente		12 mm
Ângulo do peito		18°
Ângulo de saída		21°
Ciclo de afiação		4 / 5 horas
Vida útil		Até largura mínima de 6"

- **Serra Circular Múltipla (Serra 05):** responsável pelo recebimento dos blocos/pranchas processados na serra 01 e transformação destes em produtos especiais e tábuas. Seguindo direto para os transportadores transversais para classificação e gradeamento.

Tabela 05. Informações relacionadas a Serra 05

DIMENSIONAIS DE CORTE	
Altura do bloco (máximo – mínimo)	210 – 50 mm
Largura da prancha (máximo – mínimo)	600 – 100 mm
Comprimento da prancha (mínimo)	1000 mm

VELOCIDADE DE CORTE	
Diâmetro da serra	360 mm
Rotação do eixo (madeira verde de pinus)	3.500 rpm – m/min – m/s
Velocidade de avanço (variável)	20 /40 m/min
POTENCIA INSTALADA	
Potência – eixo das serras	2 x 150 CV
Potência – avanço	7,5 CV
SERRA CIRCULAR	
Número máximo de serras	12
Tipo de serra	Pastilhada com metal duro
Diâmetro	360 mm
Diâmetro do furo	90 mm – (+0,04/+0,06)
Chaveta (furos)	16 (+0,3 + 0,5) x 5 mm
Número de dentes	24
Espessura do disco	3,5 mm
Espessura do corte	4,5 mm
Passo	30 mm
Altura do dente	16 mm
Ângulo do peito	31°
Ângulo de saída	10°
Ciclo de afiação	4 a 5 h
Vida útil	indefinida

- **Serra Circular Refiladeira (Serra 06):** responsável pelo recebimento das pranchas oriundas do processamento das serras 03 e 04. O refilo das pranchas é responsável pelo alinhamento das medidas solicitadas para produção do produto final.

Tabela 06. Informações relacionadas a Serra 06

DIMENSIONAIS DE CORTE	
Altura da prancha (máximo – mínimo)	100 – 25 mm
Largura da prancha (máximo – mínimo)	600 – 100 mm
Comprimento da prancha (mínimo)	1500 mm
VELOCIDADE DE CORTE	
Diâmetro da serra	380 mm
Rotação do eixo (madeira verde de pinus)	3.500 rpm – 4.248 m/min - 71 m/s
Velocidade de avanço (variável)	Até 150 m/min
POTENCIA INSTALADA	
Potência – eixo das serras	2 x 60 CV
Potência – avanço	4 CV
Potência – Unidade hidráulica	15 CV
SERRA CIRCULAR	
Número máximo de serras	4
Tipo de serra	Pastilhada com metal duro
Diâmetro	380 mm
Diâmetro do furo	80 mm
Diâmetro do flange	120 mm

Chaveta (furos)	4 de 11 mm
Número de dentes	40
Espessura do disco	3,5 mm
Espessura do corte	5 mm
Passo	30 mm
Altura do dente	16 mm
Ângulo do peito	23°
Ângulo de saída	12°
Ciclo de afiação	4 a 5 h
Vida útil	Indefinida

- **Serra Circular Refiladeira (Serra 07):** responsável pelo recebimento das pranchas oriundas do processamento das serras 03 e 04. O refilo das pranchas é responsável pelo alinhamento das medidas solicitadas para produção do produto final.

Tabela 07. Informações relacionadas a Serra 07

DIMENSIONAIS DE CORTE	
Altura da prancha (máximo – mínimo)	100 – 25 mm
Largura da prancha (máximo – mínimo)	600 – 100 mm
Comprimento da prancha (mínimo)	1500 mm
VELOCIDADE DE CORTE	
Diâmetro da serra	380 mm
Rotação do eixo (madeira verde de pinus)	3.500 rpm – 4.248 m/min – 71 m/s
Velocidade de avanço (variável)	150 m/min
POTÊNCIA INSTALADA	
Potência – eixo das serras	2 x 60 CV
Potência – avanço	4 CV
Potência – Unidade hidráulica	15 CV
SERRA CIRCULAR	
Número máximo de serras	4
Tipo de serra	Pastilhada com metal duro
Diâmetro	380 mm
Diâmetro do furo	80 mm
Diâmetro da flange	120 mm
Chaveta (furos)	4 de 11 mm
Número de dentes	40
Espessura do disco	3,5 mm
Espessura do corte	5 mm
Passo	30 mm
Altura do dente	16 mm
Ângulo do peito	23°
Ângulo de saída	12°
Ciclo de afiação	4 a 5 h
Vida útil	Indefinida

- **Serra Circular Refiladeira (Serra 08):** responsável pelo recebimento das pranchas oriundas do processamento das serra 02. O refilo das pranchas é responsável pelo alinhamento das medidas solicitadas para produção do produto final.

Tabela 08. Informações relacionadas a Serra 08

DIMENSIONAIS DE CORTE	
Altura da prancha (máximo – mínimo)	100 – 25 mm
Largura da prancha (máximo – mínimo)	600 – 100 mm
Comprimento da prancha (mínimo)	1500 mm
VELOCIDADE DE CORTE	
Diâmetro da serra	380 mm
Rotação do eixo (madeira verde de pinus)	3.500 rpm – 4.248 m/min – 71 m/s
Velocidade de avanço (variável)	150 m/min
POTENCIA INSTALADA	
Potência – eixo das serras	2 x 60 CV
Potência – avanço	4 CV
Potência – Unidade hidráulica	15 CV
SERRA CIRCULAR	
Número máximo de serras	4
Tipo de serra	Pastilhada com metal duro
Diâmetro	380 mm
Diâmetro do furo	80 mm
Diâmetro da flange	120 mm
Chaveta (furos)	4 de 11 mm
Número de dentes	40
Espessura do disco	3,5 mm
Espessura do corte	5 mm
Passo	30 mm
Altura do dente	16 mm
Ângulo do peito	23°
Ângulo de saída	12°
Ciclo de afiação	4 a 5 h
Vida útil	Indefinida

A velocidade de avanço das serras pode ser calculada utilizando uma velocidade de corte indicada, de acordo com a indicação do fabricante, como exposto nas tabelas apresentadas anteriormente neste documento. Por exemplo, a velocidade de avanço da Serra 02 pode ser calculada, tomando-se como padrão a espessura do cavaco e usando-se a seguinte expressão:

$$V_a = \frac{60 \times V_c \times h}{p}$$

Onde:

- $V_a$ : Velocidade de avanço;
- $V_c$ : Velocidade de corte;
- $h$ : Espessura do cavaco;
- $p$ : Passo da serra;

### 4.3. Teste da Capacidade de Produção Processamento Primário

Na figura 02, foi apresentado o fluxograma da serraria. No item “Boxes de toras de classificação” foram identificadas nove classes de diâmetro com que as toras são classificadas para o processo, sendo que para efeitos de classificação foi considerada a ponta fina da tora sem casca. Na avaliação final, foram consideradas as médias de rendimento e produção para as três últimas classes de diâmetro em função de não haver toras com diâmetros compatíveis para serem analisadas.

Tabela 09. Classes de diâmetro das toras sem casca (mm)

Classe de diâmetro	17	20	23	25	27	29	31	33	GROSSAS
Intervalo de diâmetros	17,5 / 18,4	18,5 / 22,4	22,5 / 24,4	24,5 / 26,4	26,5 / 28,4	28,5 / 30,4	30,5 / 32,4	32,5 / 34,4	34,5 e >

Para análise (teste) atual das operações em um período de funcionamento da serraria, foram selecionadas 20 toras representativas de cada classe de diâmetro disponível. No momento dos testes não estavam disponíveis toras das classes 31, 33 e Grossas. Assim, os valores para essas classes apresentados nas tabelas foram determinados através de cálculos que levaram em conta as mesmas características observadas nas toras das demais classes. Com base nos testes, foram estimadas as produções na serraria, considerando os tempos efetivamente medidos no processamento das toras durante a operação normal. Os itens avaliados nesse processo foram os seguintes:

01 – Volume médio da tora: foi calculado com base no valor médio entre os dois extremos da classe;

2 – Rendimento seco considerado: foi baseado nos testes efetuados na serraria, considerando as dimensões que a tábua terá após a secagem. Essa forma de considerar o rendimento pela Empresa reduz o efetivo rendimento obtido. Por exemplo: a espessura da tábua que têm realmente entre 41 e 45 mm é considerada como sendo 38 mm, que deveria ser a espessura da tábua seca e isso não é uma realidade na empresa estudo de caso.

03 – Rendimento verde considerado: foi baseado nos testes efetuados na serraria, considerando as dimensões que o serrado verde realmente tem. Essa é a forma comumente utilizada pelas empresas do setor.

04 – Produção de serrado (seco): volume de produtos medidos com base nas medidas pretendidas para as tábuas secas;

05 – Produção de serrado (verde): volume de produtos medidos com base nas suas medidas reais verdes;

06 – Tempo total disponível: tempo efetivo de trabalho diário;

07 - Rendimento operacional: 80% é um padrão normalmente aceito em indústrias similares;

08 – Tempo efetivo de produção: o tempo real em que a serraria está produzindo, já deduzidas as paradas programadas ou não;

09 – A velocidade de avanço da Serra 01: variável, podendo chegar até 60 m/min. Os

valores indicados correspondem à velocidade necessária para processar a quantidade de toras/min pretendidas;

10 – Distância entre toras: ao se posicionar a tora, a anterior já seguiu em direção a serra, criando uma folga entre cada tora, de 1 metro;

11 – Toras processadas por minuto: quantidade de toras previstas para serem serradas por minuto, em função da velocidade adotada no avanço. Velocidade de processamento dividida pelo comprimento da tora, mais 1 metro. Ex: 51,2 m/min dividido por 4,60 m = 11,13 ou 11 toras/min;

12 – Toras processadas por dia – rendimento de 80%: quantidade de toras classificadas e selecionadas previstas para se processar em 800 minutos;

13 – Volume de toras /dia – rendimento de 80%: volume médio de toras processadas por dia. É calculado com base na quantidade de toras/min x 800 min/dia (Item 12 x item 08);

14 – Volume médio diário de serrados seco: volume total obtido por dia, multiplicando a quantidade de toras previstas para a classe pelo volume seco de serrados por tora (Item 12 x item 04);

15 – Volume médio diário de serrados verde: volume total de serrados obtido por dia, multiplicando a quantidade de toras previstas para a classe, pelo volume verde de serrados obtido por tora (Item 12 x item 05);

16 – Sortimento histórico empresa: porcentagem historicamente identificada de uma determinada classe de diâmetro de tora que é processada na serraria;

17 – Produção média diária seco: volume de serrados possível de serem produzidos, considerando a capacidade de produção diária seco, multiplicada pela porcentagem histórica de determinada classe de diâmetro (Item 14 x item 16);

18 – Produção média diária verde: volume de serrados possível de serem efetivamente produzidos, considerando a capacidade de produção diária verde, multiplicada pela porcentagem histórica de determinada classe de diâmetro (Item 15 x item 16);

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Análise da Capacidade de Produção Atual da Serraria

Analisando as características de produção atual da serraria, foram identificadas as capacidades de produção nos principais equipamentos que compõem o processo produtivo no setor de serraria da indústria em estudo:

- **Descascamento:** o equipamento tem a capacidade de produção estimada em 26 mil t/mês ou 23.400 m<sup>3</sup>/mês, operando 18 horas/dia e 21 dias/mês. O limite operacional de descascamento é de 12 toras de 2,70 m ou 9 toras de 3,60 m. Em função da disparidade das toras, admite-se uma capacidade de processamento de 10 toras/minuto. Considerando um diâmetro médio de 23 cm e um comprimento de 2,70 m, a capacidade de produção seria de 67 m<sup>3</sup>/h, com rendimento operacional de 90%, seriam obtidos 60,3 m<sup>3</sup>/h. Produzindo 60 m<sup>3</sup>/h de madeira descascada, 18 h/dia, e considerando um rendimento médio de 50%, teríamos uma produção de 540 m<sup>3</sup>/dia de produtos serrados. Contudo, se aumentássemos em 6 horas de produção por dia, teríamos um aumento de 33,33% no volume produzido diariamente. A Empresa vem trabalhando 24 horas/dia para atender uma demanda média de aproximadamente 21.000 m<sup>3</sup> / mês, equivalente a pouco menos de 20.000 t/ mês. Isso representa uma produção média de 41,7 m<sup>3</sup>/h, cerca de 30% inferior ao projetado.
- **Classificação:** esse processo depende exclusivamente do andamento do descascamento da madeira. Os boxes devem ser mantidos sempre em boas condições de recebimento da madeira para posterior estocagem em local a ser definido pelo arranjo do pátio de madeiras ou pela necessidade de abastecimento da mesa de entrada de toras na serraria. A qualidade da tora que entra na serraria é extremamente relevante, pois o tempo de processamento de uma tora ruim é equivalente ao tempo de processamento de três toras boas, prejudicando o ritmo do processo produtivo.

#### 5.1.1. Processo de Corte e beneficiamento

Em relação às máquinas de usinagem, foram avaliados sete equipamentos que compõem o processo de corte e beneficiamento:

- **Serra 01**

Esta máquina, por força de sua posição no início do processo de corte, deve ditar o ritmo da operação de transformação de toras em pranchas. Mecanicamente, tem capacidade de processar 16 toras de 2,70 m de comprimento e até 27 cm de diâmetro, ou 13 toras de 3,60 m de comprimento e até 27 cm de diâmetro, por minuto. A partir desse diâmetro e em função da maior espessura dos cortes, essa capacidade vai sendo reduzida, atendendo aos parâmetros técnicos de qualidade de corte e preservação do equipamento.

Entretanto, essa máquina deve obedecer às capacidades de processamento das máquinas seguintes, que estão interligadas por um sistema de transporte mecânico que, em

princípio, devem operar de forma contínua. Além disso, devem ser obedecidas também, as limitações impostas pelo sistema de posicionamento das toras, de modo a tirar o maior rendimento possível em função de suas características. Essas limitações são decorrentes do tempo necessário para a colocação das toras no posicionador, do tempo de reação do operador e da velocidade de alimentação da tora já posicionada, até a conclusão do processo de corte. Essa velocidade, de até 60 m/min, é chamada de velocidade de avanço. Com base nos ensaios efetuados, adotaram-se as velocidades de avanço para a serra fita dupla vertical (Serra 01) conforme Tabela 10.

Tabela 10. Velocidade de avanço da Serra 01 para as diferentes classes de diâmetro.

CLASSE DE DIÂMETRO (cm)	VELOCIDADE DE AVANÇO (m/min)	TORAS POR MINUTO (ud)	
		2,70 m	3,60 m
17 (17,5 A 18,4)	51,2	14	11
20 (18,5 a 22,4)	51,2	14	11
23 (22,5 a 24,4)	44,4	12	9
25 (24,5 a 26,4)	44,4	12	9
27 (26,5 a 28,4)	37,0	10	8
29 (28,5 a 30,4)	37,0	10	8
Outras 31 / 33 / Grossas	30,0	8	6

A pequena diferença entre a quantidade de toras é explicada pelo fato de a colocação das toras sobre o posicionador e seus posicionamentos levarem o mesmo tempo para os dois comprimentos, sendo que o que efetivamente muda é o tempo de passagem da tora pela serra fita, em função de seus comprimentos diferentes. Na passagem pela serra fita é considerada um espaçamento de 1,0 m entre as toras. O ideal seria que as toras passassem unidas pela serra, o que evitaria o impacto com a lâmina da serra. A adoção dessas velocidades corrobora com as necessidades de produção praticadas pela Empresa.

Como a capacidade de produção da serraria é determinada pela quantidade de toras por unidade de tempo, a obtenção de maiores produções será sempre dependente do maior diâmetro médio das toras processadas. Ainda que dependente das dimensões dos produtos produzidos, o maior diâmetro das toras não só aumenta o volume processado, como aumenta também o rendimento tora / serrado.

- **Serra 02**

A operação desta máquina está intimamente ligada à operação da serra fita dupla vertical (Serra 01). Para cada tora processada na primeira serra são geradas duas costaneiras. Então, em termos de processamento, esta serra deverá sempre ter capacidade de processar o dobro de



peças que forem processadas na primeira serra. Isso só é possível, com o aumento de sua velocidade de avanço, para o dobro da utilizada na primeira serra.

Entretanto, deve ser considerado que, enquanto na primeira serra existe um espaço ou folga entre cada tora, de 1,00 m, nesta existe um sistema de alimentação que permite acelerar as costaneiras de modo a que passem uma encostada na outra. Por si só, essa possibilidade já representa um ganho de produtividade, além de reduzir os impactos das costaneiras contra as lâminas de serra da máquina, aumentando sua vida útil e seu ciclo de afiação. A velocidade máxima de avanço nesta máquina é de 70 m/min, o que limita a passagem de costaneiras por minuto, a 26 peças de 2,70 m ou 19 peças de 3,60 m.

Entretanto, quando são processadas toras das classes 17 e 20, está prevista a passagem de 14 toras de 2,70 m, ou 11 toras de 3,60 m por minuto. Isso gera a necessidade de passagem de 28 peças de 2,70 m ou 22 peças de 3,60 m por minuto. Desta forma, a velocidade de avanço desta serra, bem como dos dois transportadores longitudinais de rolos que a alimentam, deverá ser aumentada para um valor compatível com a quantidade de peças a serem processadas. Mais adiante, quando analisados os problemas operacionais da serraria será demonstrada a velocidade considerada adequada.

Outra característica que deve ser observada nesta máquina é a largura máxima de passagem das costaneiras, que é limitada em 500 mm. Toras do pé da árvore, com maior diâmetro e conicidade, embora possam passar pela Serra 01 com até 600 mm, poderão não passar por esta serra. Isso ocorre quando o bloco formado na primeira serra é estreito e a costaneira acaba ficando com mais de 500 mm de largura. Isto demonstra a importância da classificação correta das toras no classificador. Com relação à altura, o limitante está em 270 mm, o que só irá gerar impedimentos, se a espessura das pranchas a serem produzidas nesta máquina for pequena.

Em relação à velocidade de avanço para a Serra 02, é possível extrapolar a velocidade de avanço de 70 m/min para até 100 m/min, para otimizar o processo de produção. Acima dessa velocidade poderia haver problemas com o aquecimento da serra, provocando um desgaste prematuro, além de poder utilizar a serra de (7"), somente até uma largura mínima de (6").

Nas características técnicas da máquina, está indicado que a serra utilizada tem 1,25mm de espessura. Considerando o aumento de velocidade de avanço e o consequente maior esforço que incidirá sobre a serra, é aconselhável que as serras utilizadas nessa máquina passem a ter 1,47mm de espessura. Com a velocidade de avanço de 100 m/min, será possível passar até 37 costaneiras de 2,70m ou 27 costaneiras de 3,60m por minuto, contudo, o máximo que a empresa pretende processar é 28 costaneiras de 2,70m e 21 de 3,60m/min. Assim, a Serra 02 seria desafiada e deixaria de ser um gargalo na produção.

- **Serra 03**

Esta máquina está posicionada para o processamento dos blocos provenientes da serra fita dupla vertical (Serra 01). É dotada de dois cabeçotes e está planejada para formar três pranchas. Com o objetivo de retirada da medula, normalmente esta máquina considera que a espessura da peça central, ou a distância entre as duas serras, irá gerar peças verdes, em que o

alvo é a espessura de 28 mm. Neste caso, os blocos devem ter sua espessura determinada por duas peças externas de, por exemplo, 42 mm e uma peça central de 28 mm. Considerando as espessuras das serras, a espessura do bloco neste caso é de 118,8 mm. Essa espessura total depende na espessura considerada para as peças externas. Esta forma de processamento pode ser vantajosa do ponto de vista da obtenção de peças com maior valor comercial, sem medula.

A velocidade de operação de até 60 m/min é compatível com a velocidade de operação da primeira serra além dos transportadores longitudinais serem dotados de acelerador de peças, o que aumenta seu rendimento operacional, podendo passar os blocos de forma unida, se for o caso.

- **Serra 04**

Esta serra está localizada na sequência da Serra 02 e tem baixo nível de utilização, já que somente é acionada quando a espessura das costaneiras é acima do normal e as pranchas produzidas na Serra 02 são de menor espessura. A velocidade de avanço de 30 a 60 m/min atende perfeitamente as necessidades operacionais da serraria.

- **Serra 05**

Esta máquina é pouco utilizada, atendendo somente pedidos especiais. A velocidade de avanço é relativamente baixa, mas considerando sua baixa utilização, não compromete a produção da serraria.

- **Serra 06**

O posicionamento desta máquina não permite que trabalhe dentro de sua capacidade. Embora possa receber pranchas oriundas da Serra 03 e da Serra 04, trabalha com um baixo fluxo de peças. Isso ocorre porque a Serra 03 só processa blocos e a cada tora processada só gera três pranchas. Por outro lado, a Serra 04 só processa costaneiras excedentes da Serra 02, o que ocorre muito pouco. Com isso tem uma operação bastante ociosa.

Como as demais refiladeiras, tem uma velocidade de avanço de até 150 m/min, o que teoricamente poderia processar até 48 pranchas de 2,70 m ou 38 pranchas de 3,60 m. Entretanto não processa mais que 50% disso, até porque parte da produção da Serra 03 é desviada para a refiladeira (Serra 08).

- **Serra 07 e 08**

Ambas as máquinas recebem pranchas oriundas apenas da Serra 02 e tem uma velocidade de avanço de até 150 m/min a qual é bem adequada a uma máquina com a sua função, podendo teoricamente processar até 48 pranchas de 2,70 m ou 38 pranchas de 3,60 m/min.

A alimentação mecanizada das máquinas de usinagem está funcionando em perfeita sintonia com as serras de corte e as refiladeiras. A mesa de saída da serraria recebe pranchas das 3 refiladeiras (Serra 06, 07 e 08) e da linha da serra circular (Serra 03). Na realidade, esta mesa é composta por três transportadores transversais de corrente de cinco linhas que

transportam as pranchas até um unitizador de pranchas que alimenta a mesa de medição/destopo. A velocidade de operação deste equipamento no momento atende as necessidades de produção da serraria.

### 5.1.2. Sistema de Coleta e Tratamento de Resíduos

Esse sistema compõem diversas etapas separadamente, pois cada equipamento de usinagem gera um ou mais tipos de subprodutos no processo, que acabam seguindo para um único destino, o picador, classificação do subproduto (limpo e sujo) e depois segue para o silo de armazenagem. Na Figura 03 são apresentados dois exemplos de do sistema, um deles com o acúmulo de pó de serra oriundo da Serra 01 e outro uma canaleta para transporte de costaneiras e outros subprodutos maiores.



Figura 03. Exemplo do sistema de coleta de subprodutos no processo de beneficiamento das toras, com o acúmulo do pó de serra e canaleta onde passam os subprodutos maiores.

Fonte: O Autor

E relação aos equipamentos, a seguir serão detalhados os tipos de subprodutos que compõem o processo de corte e beneficiamento:

- Mesa de recepção das toras na serraria: nesta etapa, as cascas que se soltam são coletadas pela esteira transportadora de subprodutos e remanejadas a uma esteira transportadora principal.
- Serra 01: esta serra fita dupla gera apenas pó de serra e é dotada de um funil que o descarrega na esteira transportadora principal de subprodutos. Esta pode ser considerada a esteira principal do sistema que recebe e encaminha os subprodutos para o picador.
- Rampa de descida de costaneiras e subprodutos: esta rampa está situada de modo a receber e encaminhar as costaneiras eventualmente descartadas no *flipper* (que eventualmente descarta costaneiras inadequadas ao processo na linha de coleta de subprodutos) situado entre os transportadores transversais de corrente. Os subprodutos que caem no piso da serraria, decorrentes de restos de cascas que se soltam durante e logo após o primeiro corte também são descartados através desta rampa, sendo que a mesma está atendendo as necessidades da serraria.

- Serra 05: este equipamento gera pó de serra que é descarregado por um funil diretamente no chão do porão da serraria. Posteriormente esse pó de serra é coletado manualmente e jogado na esteira transportadora principal. O sistema desse equipamento poderia ser melhor aproveitado caso fosse instalada uma calha coletora para que o pó fosse direcionado diretamente na esteira principal, sem demandar de mão de obra. As costaneiras geradas nesse equipamento são descartadas, considerando as que quebram diretamente pelo funil e as que permanecem inteiras são descartas manualmente através da rampa situada mais adiante, diretamente sobre esteira transportadora principal.
- Serra 02: este equipamento gera pó de serra que é descartado por um funil, diretamente sobre uma esteira secundária. As costaneiras são descartadas através de uma rampa situada logo a adiante da máquina e também caem sobre a mesma esteira secundária. Não há problema com o descarte do pó de serra através do funil, e a rampa, em função da forma como foi construída eventualmente apresenta problemas de afogamento em alguns momentos durante o processo produtivo.
- Serra 04: este equipamento gera pó de serra que é descartado através de um funil, diretamente sobre a esteira secundária. As costaneiras são descartadas através de uma rampa sobre a mesma esteira secundária. Esta rampa também pela forma como foi construída, tem pontos ou buracos que eventualmente prendem as costaneiras descartadas e obstruem a descarga das mesmas sobre a esteira secundária. Apesar do pouco uso desta serra, essas obstruções chegam a paralisar a operação da serraria, por trancarem a passagem dos subprodutos pela esteira secundária. Pois esta esteira atende outras partes do processo.
- Serra 03: este equipamento gera apenas pó de serra, o qual é descarregado por dois funis independentes em duas esteiras curtas. Essas descarregam esse material sobre a esteira transportadora principal. De modo geral atende as necessidades da serraria.
- Serra 06 e 07 (Refiladeiras): estes equipamentos geram pó de serra que é descarregado por um funil diretamente sobre uma esteira curta, a qual descarrega sobre a esteira transportadora canaleta (Figura 03). Os refilos são descartados através de uma rampa, sobre uma esteira coletora, neste caso, o descarte dos refilos é automático e a rampa foi bem construída, o sistema não apresenta problemas e atende as necessidades da serraria.
- Serra 08 (Refiladeira): este equipamento gera pó de serra que é descarregado por um funil diretamente sobre a esteira coletora. Os refilos são descartados através de uma rampa, sobre a mesma esteira coletora e através de uma rampa os descarrega no contra fluxo da esteira transportadora principal. O sistema atende às necessidades da serraria. Esta região é bastante congestionada pelos vários sistemas que se interligam, mas atendem normalmente as necessidades da serraria.

Em relação ao dimensionamento das pranchas, a empresa prevê que o normal seria as peças ter 38 mm de espessura depois de secas é serrar com uma sobre espessura de 5% para absorver a redução dimensional da espessura na secagem. Sendo assim, as pranchas poderiam

ser serradas com 40 mm, no máximo a 42 mm, caso houvesse algum desajuste das serras fitas horizontais.

Com poucas exceções, não existem problemas mecânicos significativos que impeçam a operação normal e a produção pretendida. Em termos de processamento mecânico, usinagem, o único problema identificado é a velocidade de avanço da Serra 02, o qual pode ser facilmente resolvido (Cálculo no Item 5.1.1). Os problemas de baixa produção e qualidade dimensional da serraria podem ser condicionados a dificuldades operacionais.

## 5.2. Análise da capacidade de produção processamento primário – rendimento seco/verde

Na tabela 10 foram apresentados os valores dos rendimentos seco/verde da capacidade de produção da serraria. Para atender esta produção, apenas a serra fita dupla horizontal (Serra 02) deve ter sua velocidade de avanço alterada de 70 m/min para 100 m/min. Isso irá permitir a passagem de até 34 costaneiras/min. Desta forma, além de passar as 28 da linha principal, ainda poderá passar, se necessário, mais 6 costaneiras originárias da serra fita tandem (Serra 04). O rendimento operacional de 80% considera que a serraria estará trabalhando apenas 80% do tempo total de 1.002 minutos/dia. Isso significa que estará parada cerca de 200 minutos, ou 3 horas e 20 minutos/dia a fim de atender as demandas de manutenção dos equipamentos na linha de produção.

Tabela 11. Rendimento seco/verde da serraria em geral

DADOS / CLASSE		17 (17,5 a 18,4)	20 (18,5 a 22,4)	23 (22,5 a 24,4)	25 (24,5 a 26,4)	27 (26,5 a 28,4)	29 (28,5 a 30,4)	OUTRAS 31 / 33 / G	Média
Toras sem cascas	Unidades	20	20	20	20	20	20		-
Comprimento	m	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	-
Volume total	m³	1,488	2,169	2,524	2,947	3,535	3,838	4,7560	-
Produção seco	m³	0,6896	1,0982	1,2827	1,5180	1,8965	2,1350	2,7584	-
Produção verde	m³	0,8177	1,2981	1,5033	1,6366	2,2220	2,5034	3,2340	-
Rendimento seco	%	46,34	50,63	50,82	51,51	53,64	55,62	58,00	-
Rendimento verde	%	54,95	59,84	59,56	55,53	62,85	65,22	68,00	-
Tempo total disponível	Mínimo	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	-
Rendimento operacional	%	80	80	80	80	80	80	80	-
Velocidade de avanço Serra 01	m/min	51,2	51,2	44,4	44,4	37,0	37,0	30,0	-
Distância entre toras	m	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	-
Toras processadas por minuto	Unidade	14	14	12	12	10	10	8	-
Toras processadas por dia – 80%	Unidade	11.200	11.200	9.600	9.600	8.000	8.000	6.400	-
Volume de toras / dia – 80%	m³	833,28	1.214,64	1.211,52	1.591,38	1.414,00	1.535,20	1.521,92	-
Produção média diária – 80%	m³	386,14	614,97	615,69	819,71	758,46	853,87	882,71	-
Sortimento histórico Empresa	%	3,64	18,74	14,54	15,00	16,04	10,10	21,17	-
<b>Produção média diária seco</b>	<b>m³</b>	<b>14,05</b>	<b>115,19</b>	<b>89,52</b>	<b>122,95</b>	<b>121,65</b>	<b>86,24</b>	<b>186,86</b>	<b>736,46</b>

Tabela 12. Testes de capacidade de produção da serraria utilizando mix de toras de 3,60 m

ITEM	DADOS / CLASSE		17 (17,5 a 18,4)	20 (18,5 a 22,4)	23 (22,5 a 24,4)	25 (24,5 a 26,4)	27 (26,5 a 28,4)	29 (28,5 a 30,4)	OUTRAS 31 / 33 / G	Média
01	Volume médio da tora	m³	0,091	0,118	0,155	0,183	0,212	0,245	0,408	
02	Rendimento seco considerado	%	46,34	50,63	50,82	51,51	53,64	55,62	58,00	
03	Rendimento verde considerado	%	54,95	59,84	59,56	55,53	62,85	65,22	68,00	
04	Produção de serrados – seco	m³	0,042	0,059	0,078	0,094	0,113	0,136	0,236	
05	Produção de serrados – verde	m³	0,050	0,070	0,092	0,101	0,133	0,159	0,277	
06	Tempo total disponível	min	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	
07	Rendimento operacional	%	80	80	80	80	80	80	80	
08	Tempo efetivo de produção	min	800	800	800	800	800	800	800	
09	Velocidade de avanço Serra 01	m/min	51,2	51,2	44,4	44,4	37,0	37,0	30,0	
10	Distância entre toras	m	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
11	Toras processadas por minuto	Unidade	11	11	9	9	8	8	6	
12	Toras processadas por dia – 80%	Unidade	8.800	8.800	7.200	7.200	6.400	6.400	4.800	
13	Volume de toras / dia – 80%	m³	800,8	1.038,4	1.116,0	1.317,6	1.356,8	1.568,0	1.958,4	
14	Volume médio diário de serrados seco	m³	369,6	519,2	561,6	676,8	723,2	870,4	1.132,8	
15	Volume médio diário de serrados verde	m³	440,0	616,0	662,4	727,2	851,2	1.017,6	1.329,6	
16	Sortimento histórico Empresa	%	3,64	18,74	14,54	15,00	16,04	10,10	21,17	
17	<b>Produção média diária seco</b>	<b>m³</b>	<b>13,45</b>	<b>97,29</b>	<b>81,65</b>	<b>101,52</b>	<b>116,00</b>	<b>87,91</b>	<b>239,81</b>	<b>737,63</b>
18	<b>Produção média diária verde</b>	<b>m³</b>	<b>16,01</b>	<b>115,43</b>	<b>96,31</b>	<b>109,08</b>	<b>136,53</b>	<b>102,77</b>	<b>281,47</b>	<b>857,60</b>

Para atender a produção média diária seco/verde, de acordo com a metodologia adotada pela empresa, poderíamos considerar apenas a alteração da velocidade de avanço da serra fita dupla horizontal (Serra 02) de 70 m/min para 100 m/min. Isso poderá permitir a passagem de até 34 costaneiras/min. O rendimento operacional (80%) considera que a serraria estará trabalhando apenas 80% do tempo total de 1.002 min/dia, ou seja: 800 min/dia. Isso significa que poderá estar parada por até 200 minutos, ou 3 horas e 20 minutos/dia para eventuais manutenções na linha de produção.

A grande diferença entre os rendimentos seco e verde esta na espessura final das pranchas, o que deve ser alterado na metodologia da empresa, para evitar perdas de receita.

As diferenças mais significativas em termos de produção média diária seco e verde podem ser observadas nas classes de diâmetro 20, 27 e outras. O rendimento acima de 50% para o processamento esta dentro de um limite considerável, pois na literatura encontramos rendimentos bem inferiores aos destacados neste estudo de caso.

Tabela 13. Testes de capacidade de produção da serraria utilizando mix de toras de 2,70 m

ITEM	DADOS / CLASSE		17 (17,5 a 18,4)	20 (18,5 a 22,4)	23 (22,5 a 24,4)	25 (24,5 a 26,4)	27 (26,5 a 28,4)	29 (28,5 a 30,4)	OUTRAS 31 / 33 / G	MÉDIA
01	Volume médio da tora	m³	0,068	0,088	0,116	0,137	0,159	0,183	0,306	
02	Rendimento seco considerado	%	46,34	50,63	50,82	51,51	53,64	55,62	58,00	
03	Rendimento verde considerado	%	54,95	59,84	59,56	55,53	62,85	65,22	68,00	
04	Produção de serrados – seco	m³	0,031	0,044	0,058	0,070	0,085	0,101	0,177	
05	Produção de serrados – verde	m³	0,037	0,052	0,069	0,076	0,099	0,119	0,208	
06	Tempo total disponível	min	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	1.002	
07	Rendimento operacional	%	80	80	80	80	80	80	80	
08	Tempo efetivo de produção	min	800	800	800	800	800	800	800	
09	Velocidade de avanço Serra 01	m/min	51,2	51,2	44,4	44,4	37,0	37,0	30,0	
10	Distância entre toras	m	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
11	Toras processadas por minuto	Unidade	14	14	12	12	10	10	8	
12	Toras processadas por dia – 80%	Unidade	11.200	11.200	9.600	9.600	8.000	8.000	6.400	
13	Volume de toras / dia – 80%	m³	761,6	985,6	1.113,6	1.315,2	1.272,0	1.464,0	1.958,4	
14	Volume médio diário de serrados seco	m³	347,2	492,8	556,8	672,0	680,0	808,0	1.132,8	
15	Volume médio diário de serrados verde	m³	414,4	582,4	662,4	729,6	792,0	952,0	1.331,2	
16	Sortimento histórico Empresa	%	3,64	18,74	14,54	15,00	16,04	10,10	21,17	
17	<b>Produção média diária seco</b>	<b>m³</b>	<b>12,63</b>	<b>92,35</b>	<b>80,95</b>	<b>100,80</b>	<b>109,72</b>	<b>81,60</b>	<b>239,81</b>	<b>717,86</b>
18	<b>Produção média diária verde</b>	<b>m³</b>	<b>15,08</b>	<b>109,14</b>	<b>96,31</b>	<b>109,44</b>	<b>127,03</b>	<b>96,15</b>	<b>281,81</b>	<b>834,96</b>

Como pode ser observado nas tabelas apresentadas anteriormente, a capacidade de produção da serraria está diretamente ligada ao diâmetro das toras, ao seu mix e ao produto que estará sendo produzido. Para cada tipo de produto, existe uma classe de diâmetro ideal (em termos de rendimento). É para isso que existe o classificador de toras, pois para cada classe de diâmetro, existe um tipo de produto que proporciona o maior rendimento.



## 5.3. Análise de Melhorias no Processamento Primário

### 5.3.1. Qualidade das Toras

A qualidade das toras poderia ser melhorada, geralmente a qualidade é decorrente de uma floresta bem manejada e conduzida para a produção de madeira serrada. Por isso o planejamento estratégico da empresa tem que estar atrelado à necessidade de consumo da mesma.

Foi identificado que o principal problema está na forma como essas toras são introduzidas na linha de processamento da serraria. A mistura de toras boas com toras ruins leva a uma quebra de produção significativa. Conforme levantado na análise operacional, o tempo de processamento de uma tora ruim ocupa o mesmo tempo de processamento de três toras boas, quebrando o ritmo de produção.

Uma solução proposta ao problema seria o processamento de toras de boa qualidade durante os quatro primeiros dias da semana (dependendo da proporção de toras ruins) reservando a sexta-feira, eventualmente no segundo turno, para o processamento das toras de má qualidade. Com esse cuidado operacional, ficará mais fácil alcançar a produção média pretendida, de 640 m<sup>3</sup>/dia.

### 5.3.2. Falta de Ritmo

Um dos maiores problemas identificados na serraria foi a falta de ritmo, que deveria ser ditado pela serra fita dupla vertical (Serra 01). A operação atual mostra um processo operacional um pouco confuso. O operador tenta posicionar e passar o maior número de toras possível, dentro da capacidade máxima de processamento dessa primeira serra, chegando a processar cerca de 14 toras/min com 3,60 m e 16 toras/min com 2,70 m.

A pressa operacional faz com que as toras eventualmente sejam mal posicionadas, reduzindo o rendimento tora/serrado e ao encaminhar mais costaneiras que as que são possíveis de processar na sequência (Serra 02), congestionam e paralisa a linha de produção. A cada paralisação o ritmo é quebrado e muito tempo é perdido.

Identificou-se que a operação fica paralisada aproximadamente 40% do tempo operacional disponível na serraria em decorrência dessa forma de operar. É normal que existam paralisações no processo, mas o padrão aceitável é de até 20% do tempo operacional disponível. A solução seria a redução da velocidade de operação e manutenção de um ritmo constante. Para toras com comprimento de 3,60m, devem ser passadas, no máximo, 10 toras por minuto, o que permitiria a disponibilidade de 6 segundos para posicionar cada tora. No caso das toras de 2,70m seriam, no máximo, 14 toras por minuto, com pouco mais de 4 segundos para posicionar cada tora.

A quantidade de toras citadas anteriormente varia conforme o diâmetro das toras. Para diâmetros maiores, velocidades menores, como mostrado nas tabelas da capacidade de produção (item 5.2). Uma variação no mix de toras poderá aumentar ou reduzir significativamente a produção da serraria.

### 5.3.3. Baixa velocidade de Avanço da Serra 02

A velocidade atual de passagem na serra fita dupla horizontal (Serra 02) é de no máximo 70 m/min. No caso das toras de 3,60m, isso permite a passagem de 18 costaneiras/min, enquanto, ao processar 14 toras por minuto na serra 01 são geradas até 28 costaneiras por minuto. No caso das toras de 2,70m, é possível processar até 24 costaneiras/min, mas ao processar 16 toras/min, são geradas até 32 peças/min.

Com isso, os transportadores transversais de transferência, que interligam a saída da Serra 01 com a Serra 02, começam a acumular costaneiras, ao ritmo aproximado de 10 costaneiras/min. Em pouco tempo a serraria é obrigada a parar pelo acúmulo de grande quantidade de costaneiras sobre os transportadores transversais de transferência. Esse acúmulo faz com que as costaneiras fiquem umas sobre as outras, o que causa uma perda de tempo muito grande para liberá-las. A serraria então permanece parada por tempos que podem ultrapassar a 10 minutos.

Uma solução já proposta seria o aumento da velocidade de avanço para 100 m/min, onde seria possível a passagem de até 26 costaneiras de 3,60m/min ou até 36 costaneiras de 2,70m/min. Só isso já resolveria o problema do gargalo existente na Serra 02. Os dois transportadores longitudinais de costaneiras que antecedem a Serra 02, também deverão ter suas velocidades adequadas à nova velocidade da serra.

O máximo que se pretende é processar 28 costaneiras de 2,70m e 21 de 3,60m/min. Assim, esta serra seria desafiada e deixaria de ser um gargalo, como ocorre atualmente.

### 5.3.4. Serra Circular Refiladeira (Serra 07)

Este equipamento, juntamente como a Serra 02, são os equipamentos mais solicitados da serraria, trabalhando sempre em seu limite máximo e acabando assim, por se tornarem nos dois principais gargalos da serraria.

Sua velocidade de avanço de até 150 m/min é bem adequada a uma máquina com a sua função, podendo teoricamente processar até 50 pranchas de 2,70 m ou 38 pranchas de 3,60 m/min, entretanto acaba por não ser suficiente para atender as necessidades da serraria. Esta, como as outras refiladeiras da serraria, têm um problema de ergonomia operacional que, além de torná-la mais lenta, pode causar problemas de saúde ao operador. O posicionamento do pedestal de comando de variação de largura das pranchas está às costas do operador, o que o obriga a, além de alimentar as pranchas, tem que se voltar para acionar o botão do bitolador. Isso leva a uma baixa produtividade da máquina, não por sua capacidade mecânica, mas pelas dificuldades operacionais do operador.

A solução para o problema já esta sendo providenciada, com a instalação de leitura a laser para o comando dos bitoladores o que certamente irá facilitar a operação.

Quando a Serra 01 estiver passando toras com diâmetros próximos de 30 cm, estará processando cerca de 10 toras de 2,70 m, gerando 20 costaneiras. Estas seguem para a Serra 02 a qual poderá estar gerando até 40 pranchas por minuto. Estas deverão ser refiladas nesta

refiladeira (Serra 07). Dentro, portanto de sua capacidade operacional mecânica.

Em um primeiro momento, enquanto não são instalados os leitores a laser, uma solução é a utilização de dois operadores na máquina, um alimentando-a e outro definindo a largura a ser processada e premendo o botão do bitolador. O teste com dois operadores dói feito e obteve sucesso, facilitando muito a operação.

#### 5.3.4. Transportador Transversal de Pranchas de Saída

É comum este equipamento, que alimenta a linha de destopadeiras, ter problemas na recepção das pranchas e obrigar seu desligamento. Como as correntes do transportador estão com seus arrastadores desalinhados, as pranchas começam a atravessar sobre o transportador, criando “gaiolas” que obrigam a um rearranjo das pranchas. Isso provoca a paralisação da serraria. Essa paralisação não ocorre de imediato, quando identificada, aumentando o acúmulo sobre o transportador e o aumento das “gaiolas” de pranchas. Quando volta a funcionar, o grande volume que se acumulou sobre esse transportador provoca o estrangulamento do unitizador de pranchas que alimenta a linha de destopo a seguir. Com isso, volta a ser paralisada a operação. Esse é um problema que ocorre ao longo de todo o tempo de operação da serraria. Dois são os problemas identificados:

- O primeiro é o desalinhamento dos arrastadores das correntes, que pode ser solucionado pela manutenção dos mesmos. Essa manutenção pode ser efetuada em um final de semana sem atrapalhar a operação da serraria.
- O segundo é decorrente das distâncias horizontal e vertical entre o final das esteiras de saída das refiladeiras (Serra 06, 07 e 08) e a mesa de saída da serraria. Essas distâncias fazem com que as pranchas caiam de forma errada sobre a mesa. Primeiro cai uma ponta da prancha e somente depois dessa ponta já estar sendo arrastada, é que a prancha completa a queda. Com isso, as pranchas caem já em ângulo sobre a mesa e na sequência, umas sobre as outras, até formarem gaiolas.

Após o final das esteiras de saída das refiladeiras (Serra 06, 07 e 08), deverão ser instalados roletes e contra-roletes para impedir a queda atravessada das pranchas sobre os três transportadores transversais de saída da serraria. Com esse dispositivo bastante simples, as pranchas somente cairão sobre a mesa de saída quando já estiverem totalmente posicionadas a 90° sobre ela. A queda, então, será sempre o mais próximo possível do esquadro, impedindo a formação de gaiolas (Figura 04).

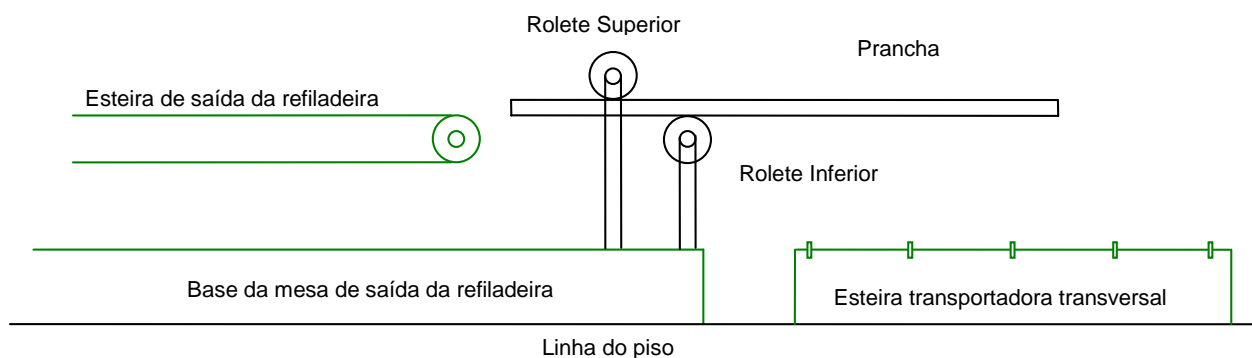


Figura 04. Corte do sistema de saída das refiladeiras (Serra 06, 07 e 08)  
Fonte: Empresa

Outros dois pequenos problemas foram ainda identificados na mesa de saída da serraria: o primeiro é na transição entre a primeira e a segunda esteira, onde as rampas de deslizamento estão gastas e devem ser substituídas. O segundo é com relação às barras de roletes que compõem o *flipper* de desvio de peças com defeitos para fora da linha, situado imediatamente antes do unitizador de pranchas de início da mesa de medição e destopo, que estão danificadas e não cumprem com perfeição a sua função.

### 5.3.5. Unitizador de Pranchas da Linha de Medição e destopo

Em função das inúmeras paradas no transportador transversal de pranchas de saída da serraria, ao retomar o transporte, as mesmas chegam amontoadas e em grande quantidade no unitizador de pranchas. Esse unitizador, além de ter garganta muito pequena e com os apoios muito finos, tem um ângulo muito fechado e vivo. Isso machuca os cantos das peças de uma forma agressiva, chegando a arredondá-los, responsável direto pela formação de quebras de quina nas pranchas (Tabela 05).



Figura 05. Unitizador com ângulo fechado e afogamento, respectivamente.  
Fonte: O Autor

Este é um problema um pouco mais complicado. Aparentemente tudo é causado pelo acúmulo constante de pranchas sobre o transportador transversal que chega ao unitizador. É possível que ao ajustar a descarga das pranchas sobre esse transportador, o problema de

afogamento seja resolvido ou ao menos minimizado. Seria interessante consultar sobre o problema com o fabricante do equipamento para ajustar as taliscas da rampa unitizadora e colocar um alargador sobre os apoios muito finos da garganta. Na sequência, as destopadeiras operam sem problemas. Elas ficam inoperantes durante longos períodos em função das paradas no transportador longitudinal de pranchas de saída da serraria, as paradas da própria serraria e o afogamento do unitizador. Com o aumento previsível na quantidade de pranchas produzidas na serraria, este unitizador deverá ser observado com atenção para evitar que se torne no novo gargalo para toda a serraria.

### 5.3.6. Sobre Dimensionamento das Pranchas

Foi observado um excesso no dimensionamento das pranchas. O normal em peças que deverão ter 38 mm de espessura depois de secas é serrar com uma sobre espessura de 5% para absorver a redução dimensional da espessura na secagem. Então essas pranchas poderiam ser serradas com 40 mm. Embora o alvo seja serrar com 42 mm de espessura, o que está ocorrendo é que há peças variando de 43 a 45 mm ou eventualmente, mais (Figura 06).



Figura 06. Sobre dimensionamento de pranchas.

Fonte: O Autor

Não é comum a ocorrência deste fato, já que as espessuras são determinadas pelas serras fitas horizontais. Estranho também que ao longo da produção diária, existem variações significativas nas espessuras das pranchas. Isso pode estar ocorrendo na espessura da prancha superior retirada no bloco processado na Serra 03 que pode ser mais espessa em função de um ajuste incorreto na Serra 01, que pode produzir um bloco mais espesso que o esperado. As máquinas da serraria têm precisão suficiente para esses ajustes. Não foi identificada a presença de um funcionário do controle de qualidade na serraria. Assim como no setor de beneficiamento, alguém deveria ser responsável pelo ajuste das máquinas, principalmente após a substituição das serras.

## 6. CONCLUSÃO

A empresa estudo de caso apresenta bons rendimentos seco/verde no processamento primário da madeira, mas ainda assim precisa realizar algumas adaptações e melhorias para que o aproveitamento da madeira seja o máximo possível, evitando perdas desnecessárias. Além disso, a parte operacional deve ser revista a fim de ajustar alguns equipamentos e redirecionar mão de obra dentro do processo produtivo a fim de atender pontos chave.

As adaptações recomendadas no processo produtivo são:

- Alterar a velocidade de avanço da Serra 02;
- Melhorar o posicionamento das toras na Serra 01;
- Evitar o sobre dimensionamento das pranchas;
- Rever o manejo florestal adotado a fim de garantir o abastecimento da fábrica com matéria prima de excelente qualidade, evitando perdas desnecessárias no processo produtivo.

Além disso, o rendimento por classe de diâmetro pode variar em relação ao comprimento das toras que estão sendo utilizadas, para tanto, recomenda-se o direcionamento das toras conforme o produto final a ser comercializado.

Em relação ao volume de produção seco/verde de serrado, os maiores diâmetros possuem os volumes diários mais significativos em relação aos diâmetros menores.

## BIBLIOGRAFIA

ABRAF. Anuário **estatístico ABRAF 2013 ano base 2012 / ABRAF**. – Brasília: 2013.

BIASI, C. P. **Rendimento e eficiência no desdobro de três espécies tropicais**. Curitiba, 2005. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal na Universidade Federal do Paraná.

BONDUELLE, G. M. **Avaliação e análise dos custos da má qualidade na indústria de painéis de fibras**. Florianópolis, 1997. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) – Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina.

BRAND, M. A. **Avaliação do balanço de materiais e balanço energético de uma indústria de base florestal**. Curitiba, 2000. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal na Universidade Federal do Paraná.

BRAND, M. A.; MUÑIZ, G. I. B. De; SILVA, D. A.; KLOCK, U. Caracterização do rendimento e quantificação dos resíduos gerados em serraria através do balanço de materiais. **Revista Floresta**. V. 32, n.2, p. 247-259, 2002.

CHRISTINO, E. M. **Qualidade da produção de plainas em uma indústria de pisos de madeiras**. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) - Universidade Federal do Paraná.

C.T. DONOVAN ASSOCIATES INC. **Opportunities and Constraints Associated with Using Wood Waste for Fuel in Connecticut**. Office of Policy and Management, Energy Division. Connecticut, 1990.

FONTES, P. J. P. **Auto-suficiência energética em serraria de Pinus e aproveitamento dos resíduos**. Curitiba, 1994. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal na Universidade Federal do Paraná.

HARRINGTON, H. James. **Le coût de la non qualité**. Paris : Eyrolles, 1990.

MARTINS, E. P. **Análise técnica e econômica da atividade madeireira no município de Jarú, estado de Rondônia**. 1996. 97 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MURARA Junior, M. I. **Desdobro de toras de Pinus utilizando diagramas de corte para diferentes classes diamétricas**. Curitiba, 2005. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal na Universidade Federal do Paraná.

MYAZAKI, M. Forestry products and waste. Biomass Handbook. Editors KITANI, O. & HALL, C.W. New York: **Gordon and Breach Science Publishers**. USA, 1989. p. 160-170.

NÉRI, A. C.; FURTADO, F. C.; POLESE, R. C. Avaliação do rendimento de madeira serrada de Pinus. **REVISTA DA MADEIRA**. *Edição n° 88, 2005. s/p.*

OLANDOSKI, P. D. **Rendimento, resíduos e considerações sobre melhoria no processo em indústria de chapas compensadas**. Curitiba, 2001. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal na Universidade Federal do Paraná.

OLANDOSKI, D.P.; BRAND, M.A. & GORNIAC, E. Avaliação do rendimento, quantidade, qualidade e aproveitamento de resíduos de *Pinus spp.* 5º EVINCI – **Evento de Iniciação Científica da UFPR**. Curitiba, 1997. p. 379.

OLIVEIRA, A. D.; MARTINS, E. P.; SCOLFORO, J. R. S.; REZENDE, J. L. P.; SOUZA, A. N. de. Viabilidade econômica de serrarias que processam madeira de florestas nativas – o caso do município de Jarú, estado de Rondônia. **Revista Cerne**, v.9, n.1, p.001-015, 2003.

PONCE, R. H. **Novas Tecnologias de Desdobro e Beneficiamento de Madeira: a busca da competitividade** In: ANAIS DO 7º CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO. Curitiba: SBS e SBEF, 1993. p. 310-314.

SOUZA, M. R. Tecnologias para usos alternativos de resíduos florestais: experiência do laboratório de produtos florestais – IBAMA na área de utilização de resíduos florestais e agrícolas. **Workshop Sul-americano sobre usos alternativos de resíduos de origem florestal e urbana**. Curitiba, 1997. p. 49-70.

TUOTO, M. **Levantamento sobre a geração de resíduos provenientes da atividade madeireira e proposição de diretrizes para políticas, normas e condutas técnicas para promover o seu uso adequado**. Projeto PNUD BRA 00/20 - Apoio as Políticas Públicas na Área de Gestão e Controle Ambiental. Curitiba, 2009.

ROCHA, M.P. Desdobro primário da madeira. **Série Didática FUPEF**, Curitiba, n.02, p.1-61, 1999.

VALE, A.T.; SABLowski, A.R.M. **Fluxo de energia e de massa na análise de eficiência da linha de produção de uma serraria de pequeno porte**. Revista Ciência Florestal, v. 16, n. 2, Universidade Federal de Santa Maria. 2006.